

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10062503 A**(43) Date of publication of application: **06 . 03 . 98**

(51) Int. Cl.

G01R 31/302
G01N 23/225
H01J 37/28
H01L 21/66

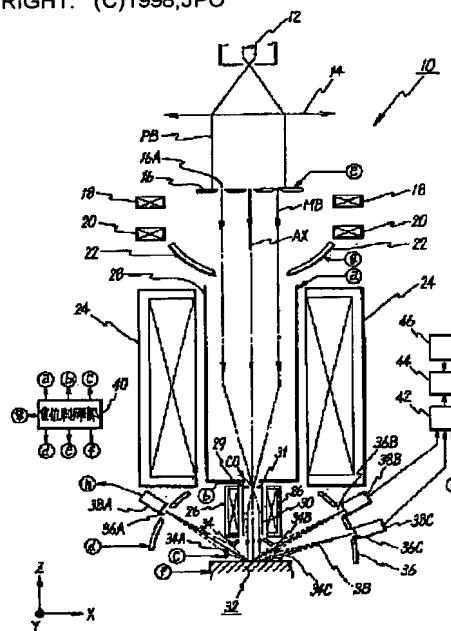
(21) Application number: **08231522**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **13 . 08 . 96**(72) Inventor: **NAKASUJI MAMORU**(54) **DEFECT INSPECTION DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly and highly accurately inspect the defect of a pattern formed on a specimen.

SOLUTION: Electrons radially emitted from an electronic gun 12 are converged into a beam parallel to the optical axis AX by a condenser lens 14, the beam passes through a hole 16A, falls on a mask 16, and a plurality of multi-beams MB are formed. The multi-beams MB are reduced down to a quarter thereof with electromagnetic lenses 24, 26 while they are deflected with deflectors 18, 20, and made to impinge on a specimen 32. When the multi-beams MB pass through the electromagnetic lenses 24, 26, high energy is given and influence of color aberration and diffraction aberration are lessened because acceleration potential is applied to metal cylinder members 28, 30 or limited opening members 29, 31, so that the beams can be converged. Secondary electrons emitted from the specimen 32 are detected by detectors 38A, 38B, 38C through a multi-lens 34 and a multi-opening plate 36, so that the defect of a pattern on the specimen 32 is inspected.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-62503

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R	31/302		G 0 1 R 31/28	L
G 0 1 N	23/225		G 0 1 N 23/225	
H 0 1 J	37/28		H 0 1 J 37/28	Z
H 0 1 L	21/66		H 0 1 L 21/66	J

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-231522

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月13日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 中筋 護

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

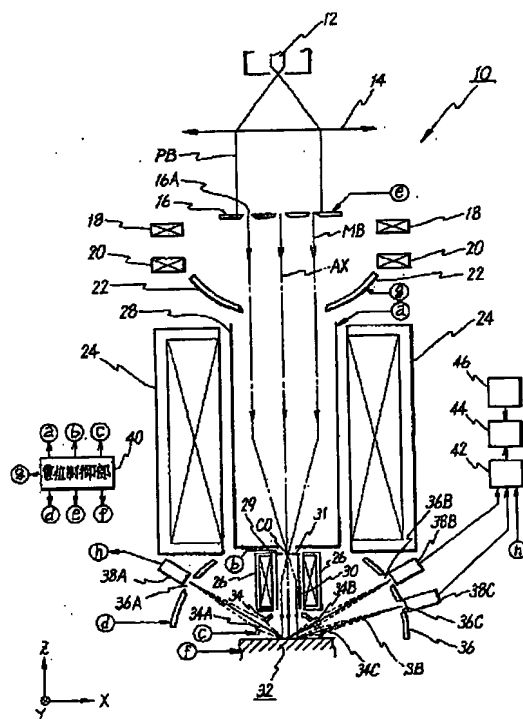
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置

(57) 【要約】

【課題】 試料に形成されたパターンの欠陥を高速かつ高精度に検査できるようにする。

【解決手段】 電子銃12から放射状に放出される電子線をコンデンサレンズ14で光軸AXに平行なビームに変換し、マスク16に照射することにより孔16Aを通過して複数のマルチビームMBが形成される。マルチビームMBは、偏向器18、20で偏向されつつ、電磁レンズ24、26で1/4に縮小されて試料32上に照射される。マルチビームMBが電磁レンズ24、26を通過する際は、金属円筒部材28、30あるいは制限開口部材29、31に加速電位が印加されているため、高エネルギー化されて、色収差や回折収差の影響が小さくなり、ビームを細く収束することができる。試料32から放出される2次電子は、マルチレンズ34、マルチ開口板36を経て検出器38A、38B、38Cで検出することによって、試料32上のパターンの欠陥が検査される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パターンが形成された試料に荷電粒子線を照射し、前記試料からの荷電粒子線を検出して前記パターンの欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記荷電粒子線を複数形成する荷電粒子線形成手段と；前記荷電粒子線形成手段で形成された複数の荷電粒子線を前記パターンに導く荷電粒子線光学系と；前記荷電粒子線光学系を通過する荷電粒子線の光路の周囲に設けられ、所定の電位を印加して前記荷電粒子線光学系を通過する荷電粒子線を加速する荷電粒子線加速手段と、前記パターンに導かれる複数の荷電粒子線を走査させる荷電粒子線走査手段と；前記走査により前記試料から発生する荷電粒子線を収束させる複数の開口部が形成された荷電粒子線収束手段と；前記荷電粒子線収束手段の各開口部で収束された荷電粒子線を検出する検出手段とを備えていることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項2】 前記荷電粒子線光学系は、前記複数の荷電粒子線が形成される位置と前記試料との間を前記荷電粒子線光学系の縮小比で案分した位置であるクロスオーバー位置を中心として、前記縮小比に対応した光軸方向位置にそれぞれ配置された相似形の2つの電子レンズから成る対称磁気タブレット型レンズであることを特徴とする請求項1に記載の欠陥検査装置。

【請求項3】 前記荷電粒子線加速手段に印加する電位と同程度以上の電位を前記荷電粒子線収束手段に印加する第1の印加手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1又は2に記載の欠陥検査装置。

【請求項4】 前記荷電粒子線収束手段と前記検出手段との間に、前記荷電粒子線収束手段の各開口部で収束された前記試料からの各荷電粒子線を前記検出手段に導く複数の開口部が形成された開口部材が設けられ、前記荷電粒子線収束手段に印加する電位と同程度以上の電位を前記開口部材に印加する第2の印加手段をさらに備えていることを特徴とする請求項3に記載の欠陥検査装置。

【請求項5】 前記荷電粒子線収束手段と相似形で、かつ前記対称磁気タブレット型レンズの倍率の逆数倍の大きさの金属板が、前記クロスオーバー位置を中心として前記荷電粒子線収束手段の光軸方向の対称位置に配置されていることを特徴とする請求項2ないし4のいずれか一項に記載の欠陥検査装置。

【請求項6】 前記荷電粒子線形成手段は、荷電粒子線を発生させる荷電粒子線源と、該荷電粒子線源で発生させた荷電粒子線を分岐させて複数の荷電粒子線を形成するマスクとを含み、前記マスクと前記試料とをほぼ同電位とする電位調整手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか一項に記載の欠陥検査装置。

【請求項7】 前記荷電粒子線加速手段は、前記荷電粒子線光学系の内側に設けられた非磁性金属から成る金属円筒部材と、該金属円筒部材の端面に設けられ前記荷電

粒子線を制限しながら通過させる開口が形成された制限開口部材とを含み、

前記金属円筒部材と前記制限開口部材の少なくとも一方に所定の電位を印加する第3の印加手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか一項に記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、欠陥検査装置に係り、更に詳しくは、試料に荷電粒子線を照射して試料からの荷電粒子線を検出することにより試料の欠陥を検査する欠陥検査装置に関するものであって、特に、フォトマスクやレチクルあるいはウエハ（以下、これらを「試料」と称する）に形成された回路パターン等の欠陥を検査するのに好適な欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子等の製造工程においては、ウエハ上に回路パターン等を順次転写するためのマスク又はレチクルが多数使用されている。そして、例えばマスク自体の製造時には、そのマスクに形成されている転写用のパターンが設計データ通りに正確に形成されているかどうかを検査するため、そのパターンの欠陥の有無を検査する欠陥検査装置が使用されている。

【0003】また、この欠陥検査装置は、マスクやレチクルを使ってウエハ上に転写された回路パターンの欠陥の有無等も同様に検査することができる。

【0004】例えば、従来の欠陥検査装置としては、電子線等を収束させて1本のプローブを形成し、欠陥検査の対象である試料上のパターンに照射して、試料から発生する2次電子を検出器で検出し、その検出信号を処理することによって欠陥検査を行っていた。特に、試料上の一定領域（例えば、パターン領域）の欠陥を検査する場合は、上述した1本のプローブを偏向させて検査範囲内をラスト走査させ、試料の各地点から順次発生する2次電子を検出器で検出することにより、欠陥検査を行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の欠陥検査装置においては、電子線等を収束させた1本の電子ビームをプローブとして用いているため、例えば、0.1 μm 程度のパターンの欠陥を検出するには、試料に対してプローブを隙間無く走査させる必要があり、走査に長時間を要することから、欠陥検査のスループットが低下するという不都合があった。

【0006】そこで、プローブの走査時間を短縮するべく、プローブを高速走査させることも考えられるが、検出器で得られる試料からの2次電子信号のS/N比が小さくなり、誤検出が増加するおそれがあった。

【0007】また、プローブとしての電子ビームを試料に導く電子光学系には、電場を用いた静電レンズや磁場

を用いた電磁レンズなどを含む電子レンズが用いられている。欠陥検査装置の電子光学系にこれらの電子レンズを用いた場合は、例えば開口（アパーチャ）等で起きる回折収差や幾何光学的収差及び電場や磁場の不安定性に基づく収差（光学上の色収差に対応するもので、本明細書中では「色収差」と称する）によって電子線等をどの程度細く収束できるかが決まり、欠陥検査の分解能（欠陥の検出能力）を決める要因となる。

【0008】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし7に記載の発明の目的は、試料に形成されたパターン10の欠陥を高速かつ高精度に検査することができる欠陥検査装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、パターンが形成された試料（32）に荷電粒子線（MB）を照射し、前記試料（32）からの荷電粒子線（SB）を検出して前記パターンの欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記荷電粒子線を複数形成する荷電粒子線形成手段（12、14、16）と；前記荷電粒子線形成手段（12、14、16）で形成された複数の荷電粒子線（MB）を前記パターンに導く荷電粒子線光学系（24、26）と；前記荷電粒子線光学系（24、26）を通過する荷電粒子線の光路の周囲に設けられ、所定の電位を印加して前記荷電粒子線光学系（24、26）を通過する荷電粒子線を加速する荷電粒子線加速手段（28、29、30、31）と、前記パターンに導かれる複数の荷電粒子線（MB）を走査させる荷電粒子線走査手段（18、20）と；前記走査により前記試料（32）から発生する荷電粒子線（SB）を収束させる複数の開口部（34A、34B、34C）が形成された荷電粒子線収束手段（34）と；前記荷電粒子線収束手段（34）の各開口部（34A、34B、34C）で収束された荷電粒子線（SB）を検出する検出手段（38A、38B、38C）とを備えている。

【0010】これによれば、荷電粒子線形成手段により荷電粒子線が複数形成され、その複数の荷電粒子線が荷電粒子線光学系によって試料上のパターンに導びかれ、荷電粒子線走査手段によって荷電粒子線が試料上で走査される。試料に荷電粒子線が照射されて試料から発生した荷電粒子線は、荷電粒子線収束手段により各開口部で収束されて検出手段で検出される。また、荷電粒子線加速手段は、荷電粒子線光学系内を通過する荷電粒子線を加速して高エネルギー化させる。

【0011】このように、試料に形成されたパターンを欠陥検査する場合は、1本の荷電粒子線を走査させて検査していた従来例と比べると、複数の荷電粒子線を使って同時に試料上を走査させるため、走査時間（検査時間）が大幅に短縮される。また、試料上の複数の照射点からほぼ同時に発生する複数の荷電粒子線は、荷電粒子線収束手段の各開口部で個別に収束されて、検出手段に

入射するため、試料上の複数箇所の欠陥検査を同時に行うことが可能となり、検査が高速化され、これによりスループットを向上させることができる。さらに、荷電粒子線光学系を通過する複数の荷電粒子線は、荷電粒子線加速手段に印加された電位により荷電粒子線が加速されて、高エネルギー化されるため、荷電粒子線光学系で生じる収差が小さくなって荷電粒子線を細く収束することができ、分解能の向上に伴って高精度な欠陥検査を行うことが可能になる。

【0012】ここで、荷電粒子線光学系としては、荷電粒子線形成手段によって形成された複数の荷電粒子線を試料上のパターンに導くことのできる種々の電子光学系を採用することができる。例えば、荷電粒子線を収束する作用を持った光学系としては、電場を使った静電レンズや磁場を使った電磁レンズなどの電子レンズがある。電子光学理論によれば、回転対称を持つ電場又は磁場が近軸線に対してレンズ作用を有することから、これを利用した光学系や、回転対称性を持たない電場又は磁場が作る円柱レンズを重ねた、いわゆる多極子レンズ等の光学系であってもよい。

【0013】上記したように、荷電粒子線光学系としては種々のものを採用することができるが、請求項2に記載の発明の如く、荷電粒子線形成手段において複数の荷電粒子線が形成される位置と試料との間を荷電粒子線光学系の縮小比で案分した位置であるクロスオーバー（CO）位置を中心として、縮小比に対応した光軸方向位置にそれぞれ配置された相似形の2つの電子レンズ（24、26）から成る対称磁気タブレット型レンズを採用しても良い。この対称磁気タブレット型レンズは、2つの電子レンズの配置がクロスオーバー（CO）位置を中心として対称性を保っているため、一方の電子レンズを荷電粒子線が通過する際に収差が生じて、他方の電子レンズを通過する際に逆方向の収差が表れて収差を打ち消すように作用する。その結果、収差の影響が殆ど無くなるため、荷電粒子線を細く収束させることが可能となり、欠陥検査の分解能を向上させることができる。

【0014】また、請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線加速手段（28、29、30、31）に印加する電位と同程度以上の電位を前記荷電粒子線収束手段（34）に印加する第1の印加手段（40）をさらに備えていることを特徴とする。これによれば、第1の印加手段により、荷電粒子線収束手段に荷電粒子線加速手段と同程度以上の電位を印加するようにしたため、試料から放出された荷電粒子線を荷電粒子線収束手段で効率良く捉えられるようになり、欠陥検査を正確に行うことができる。

【0015】さらに、請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線収束手段（34）と前記検出手段（38A、38B、38C）との間に、前記荷電粒子線収束手段（34）の各開

口部（34A, 34B, 34C）で収束された前記試料（32）からの各荷電粒子線（SB）を前記検出手段（38A, 38B, 38C）に導く複数の開口部（36A, 36B, 36C）が形成された開口部材（36）が設けられ、前記荷電粒子線収束手段（34）に印加する電位と同程度以上の電位を前記開口部材（36）に印加する第2の印加手段（40）をさらに備えていることを特徴とする。

【0016】これによれば、荷電粒子線収束手段と検出手段との間に、荷電粒子線収束手段の各開口部で収束された試料からの各荷電粒子線を検出手段に導く複数の開口部が形成された開口部材が設けられ、この開口部材に第2の印加手段により前記荷電粒子線収束手段と同程度以上の電位を印加するようにしたため、荷電粒子線収束手段で収束された各荷電粒子線は、前記開口部材の各開口部に効率良く導かれて、欠陥検査をより正確に行うことが可能になる。

【0017】請求項5に記載の発明は、請求項2ないし4のいずれか一項に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線収束手段（34）と相似形で、かつ前記対称磁気タブレット型レンズの倍率の逆数倍の大きさの金属板（22）が、前記クロスオーバー（CO）位置を中心として前記荷電粒子線収束手段（34）の光軸方向の対称位置に配置されていることを特徴とする。

【0018】これによれば、荷電粒子線収束手段と相似形な金属板がクロスオーバー位置を中心として、光軸方向の対称位置に配置され、荷電粒子線収束手段と金属板とがクロスオーバー位置を中心として対称性の条件を満たしている。このため、より低収差の荷電粒子線が得られるようになって、荷電粒子線を細く収束させることができるので、分解能が向上して高精度な欠陥検査を行うことが可能になる。

【0019】請求項6に記載の発明は、請求項1ないし5のいずれか一項に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線形成手段は、荷電粒子線を発生させる荷電粒子線源（12）と、該荷電粒子線源（12）で発生させた荷電粒子線（PB）を分岐させて複数の荷電粒子線（MB）を形成するマスク（16）とを含み、前記マスク（16）と前記試料（32）とをほぼ同電位とする電位調整手段（40）をさらに備えていることを特徴とする。

【0020】これによれば、荷電粒子線形成手段を構成するマスクと前記試料とを、電位調整手段によりほぼ同電位としたため、クロスオーバー位置を中心とした対称位置に配置されているとともに、クロスオーバー位置とマスクとの電位差とクロスオーバー位置と試料との電位差が等しくなり、電位に関する対称の条件が満たされる。このため、より低収差の荷電粒子線が得られるようになり、荷電粒子線を細く収束させることができるので、分解能が向上して高精度な欠陥検査を行うことが可能とな

る。

【0021】請求項7に記載の発明は、請求項1ないし6のいずれか一項に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線加速手段（28, 29, 30, 31）は、前記荷電粒子線光学系（24, 26）の内側に設けられた非磁性金属から成る金属円筒部材（28, 30）と、該金属円筒部材（28, 30）の端面に設けられ前記荷電粒子線を制限しながら通過させる開口が形成された制限開口部材（29, 31）とを含み、前記金属円筒部材（28, 30）と前記制限開口部材（29, 31）の少なくとも一方に所定の電位を印加する第3の印加手段（40）をさらに備えていることを特徴とする。

【0022】これによれば、荷電粒子線加速手段は、荷電粒子線光学系の内側に非磁性金属で構成された金属円筒部材と、その端面に開口が形成された制限開口部材とを備えており、第3の印加手段により金属円筒部材に所定の電位が印加されると、荷電粒子線光学系の内部を通過する荷電粒子線は、印加された電位（加速電位）により加速されて高エネルギーを持つため、荷電粒子線光学系で発生する色収差の影響が小さくなって、荷電粒子線を細く収束させることが可能になる。

【0023】また、荷電粒子線は、質量 m 、電気素量 e を持つ粒子であるとともに、ド・ブロイ波としてふるまうため、荷電粒子線光学系の制限開口部材の開口を通過する際に回折現象が起きる。しかし、この制限開口部材の開口を通過する荷電粒子線は、制限開口部材に所定の電位が印加されると、加速されて高エネルギー化されてド・ブロイ波の波長が短くなる（電子波の波長は加速電圧の平方根に逆比例する）ため、回折が小さくなり、従って回折収差が小さくなる。荷電粒子線の回折収差が小さくなると、荷電粒子線を細く収束させることが可能になる。

【0024】このように、荷電粒子線加速手段を構成する金属円筒部材と制限開口部材の少なくとも一方に所定の電位が印加されると、色収差や回折収差が小さくなって、ここを通過する荷電粒子線を細く収束させることが可能となり、分解能が向上して、高精度な欠陥検査を行うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図2に基づいて説明する。

【0026】図1には、本実施形態に係る欠陥検査装置10の概略構成が示されている。この欠陥検査装置10は、ウエハ（以下、「試料」と称する）上に形成される半導体素子の微細な回路パターンの欠陥を電子線を用いて検査する欠陥検査装置である。

【0027】この欠陥検査装置10は、荷電粒子線源としての電子銃12、コンデンサレンズ14、マスク16（電子銃12とコンデンサレンズ14とマスク16とで荷電粒子線形成手段が構成されている）、荷電粒子線走

査手段としての偏向器18、20、金属板22、対称磁気タブレット型レンズとしての電磁レンズ24、26

(荷電粒子線光学系を構成している)、金属円筒部材28、30、制限開口部材29、31、(金属円筒部材28、30と制限開口部材29、31とで荷電粒子線加速手段が構成されている)、試料32、荷電粒子線収束手段としてのマルチレンズ34、開口部材としてのマルチ開口板36、検出器38、第1ないし第3の印加手段及び電位調整手段としての電位制御部40、信号処理回路42、比較回路44、記憶部46等を備えている。

【0028】前記電子銃12は、欠陥検査用のプローブを形成する電子線を放出する荷電粒子線源であって、赤熱したフィラメント等から電場によって熱電子が取り出される。ここでは、荷電粒子線源として電子銃12を用いているが、電子線以外に陽子やイオンなどの荷電粒子線を使って欠陥検査を行う場合は、その荷電粒子線に応じた荷電粒子線源が使われる。例えば、イオンにより欠陥検査を行う場合は、気体の放電によって原子や分子をイオン化し、それを適当な電磁場により取り出すイオン源が荷電粒子線源となる。

【0029】コンデンサレンズ14は、電子銃12から放射状に放出された電子線をレンズの光軸AXにほぼ平行な電子ビームPBに変えるレンズである。

【0030】マスク16は、ここではドーピングされた導電性を有するシリコン板に複数の孔16Aが形成されていて、コンデンサレンズ14でほぼ平行にされた電子ビームPBが照射されると、それぞれの孔16Aから電子ビームが通過して複数の電子ビームMBを形成する。例えば、本実施形態では、マスク16に0.4 μ m角の孔16Aが400 μ mピッチで紙面と直交方向(これをY軸方向とする)に6行、紙面方向(これをX軸方向とする)に3列設けられ、合計18個の孔16Aがマトリクス状に形成されている。なお、複数の荷電粒子線を形成する荷電粒子線形成手段は、上述した電子銃12とコンデンサレンズ14とマスク16とで構成されている。

【0031】偏向器18、20は、上述したマスク16の試料32側寄りに、電子ビームMBの光路の周囲を囲うようにして、光軸AX方向に2段に分けて配置されている。マスク16で形成された複数の電子ビームMBは、この偏向器18、20によって同時偏向されて、試料32上の検査領域でラスタ走査される。

【0032】電磁レンズ24、26は、マスク16で形成された複数の電子ビームMBが交差する光軸の点であるクロスオーバーCO位置を中心とし、アンペアターン(AT:電流 \times コイル巻数)が互いに等しく、発生する磁場の向きが互いに逆方向となるように配置された相似形の2つの電磁レンズから成る、いわゆる対称磁気タブレット型レンズで構成されている。電磁レンズ24は、クロスオーバーCO位置よりもマスク16側に設けられ、磁場を発生させるコイルが光路の周囲を囲うように

配置されている。また、電磁レンズ26は、クロスオーバーCO位置よりも試料32側に設けられ、電磁レンズ24と相似形のコイルが光路の周囲を囲うように配置されている。この電磁レンズ24、26を通過する複数の電子ビームMBは、縮小比(ここでは、1/4)に応じて縮小され、試料32上に照射される。

【0033】金属円筒部材28、30は、上述した電磁レンズ24、26のそれぞれの内側に配置された円筒状のアルミニウムや銅などの非磁性金属から成り、その非磁性金属に対して後述する電位制御部40から加速電位が印加されると、ここを通過する電子ビームMBを加速して、高エネルギー化する。

【0034】制限開口部材29は、上述した金属円筒部材28の図1における下端面に一体的に形成された非磁性金属から成り、ほぼ中心部に電子ビームMBを制限的に通過させる開口(アパーチャ)が形成されている。また、制限開口部材31は、上述した金属円筒部材30の図1における上端面に一体的に形成された非磁性金属から成り、電子ビームMBを制限的に通過させる開口(アパーチャ)がほぼ中心部に形成されている。これらの制限開口部材29、31は、後述する電位制御部40から加速電位が印加されると、ここを通過する電子ビームMBを加速させて、高エネルギー化させる。上述した金属円筒部材28、30及び制限開口部材29、31は、荷電粒子線加速手段を構成している。

【0035】試料32は、ここでは欠陥検査を行う回路パターンが形成されたウエハであるが、フォトマスクやレチクルなどの欠陥を検査する場合は、これらが試料となる。

【0036】マルチレンズ34は、ここでは電磁レンズ26と試料32との間の空間に設けられ、試料側の面が開口した半球状の非磁性金属板から成り、その非磁性金属板には複数のレンズアパーチャ(開口部)34A、34B、34Cが形成されている。図1は、断面図であるため、3個のレンズアパーチャしか図示されていないが、実際には電子ビームMBの本数に応じた数のレンズアパーチャが対応する位置に形成されている。本実施形態中の説明では、3個のレンズアパーチャを例にとって説明することにする。また、マルチレンズ34には、後述する電位制御部40から所定の電位(収束電位:ここでは20kV)が印加されるため、レンズアパーチャ34A、34B、34Cの各部分に不図示の等ポテンシャル面が形成され、ここでは凸レンズとして作用する。このため、複数の電子ビームMBが試料32上の各照射点に照射されると、各照射点から2次電子が放出され、その2次電子が各レンズアパーチャ34A、34B、34Cを通過する際に凸レンズ作用により個別に収束され、後述する検出器38に入射される。

【0037】金属板22は、上述したマルチレンズ34と相似形(半球状の非磁性金属板から成るが、マルチレ

10

20

30

40

50

レンズ34のレンズアパーチャ34Aに相当する孔は形成されていない)であって、電子ビームMBが交差するクロスオーバーCO位置を中心として、電磁レンズ24、26の縮小比1/4に応じた光軸方向位置に逆向きに配置されている。すなわち、例えば、クロスオーバーCO位置とマルチレンズ34までの距離を「1」とすると、クロスオーバーCO位置から金属板22までの距離は「4」となり、また、そのときのマルチレンズ34の大きさを「1」とすると、金属板22の大きさは「4」となる。これは、クロスオーバーCO位置を中心としてレンズの縮小比(等倍も含まれる)に応じた対称性を確保することにより、収差(回転収差・回折収差など)の影響をキャンセルするためである。

【0038】マルチ開口板36は、マルチレンズ34と検出器38との間に配置され、ここではマルチレンズ34と球面が同心であって、マルチレンズ34より大なる半径を有している。このマルチ開口板36は、後述する電位制御部40から、上述したマルチレンズ34(20kV)よりも高い電位(ここでは、30kV)が印加される。このマルチ開口板36に一定の電位が印加されると、複数形成された開口36A、36B、36Cには不図示の等ポテンシャル面が形成され、ここでは凸レンズとして作用する。このため、例えば、マルチレンズ34のレンズアパーチャ34Aを通過して収束された2次電子は、開口36Aで再度収束されて、確実に検出器38Aに入射するようになる。また、他の開口36B、36Cについても同様であって、検出器38B、38Cに2次電子が確実に入射される。なお、図1は、断面図であるため、上述したレンズアパーチャと同様に、マルチ開口板36の開口36A、36B、36Cも3個しか図示されていないが、実際には電子ビームMBの本数に応じた数の開口がそれぞれ対応する位置に形成されている。本実施形態中の説明では、上述した3個の開口を例にあげて説明することにする。

【0039】検出器38A、38B、38Cは、例えば試料32に形成された回路パターンに複数の電子ビームが照射され、試料32の各照射点から発生した2次電子が入射されると、入射した電子線量に応じた検出信号を発生する電子増倍管などで構成されている。また、この検出器38A、38B、38Cについても、図1が断面図であることから、上述したマルチレンズ34のレンズアパーチャやマルチ開口板36の開口と同様に3個しか図示されていないが、実際には電子ビームMBの本数に応じた数の検出器がそれぞれ対応する位置に形成されている。本実施形態中の説明では、上述した3個の検出器を例にあげて説明することにする。

【0040】電位制御部40は、上述した欠陥検査装置10の各部(マスク16、金属円筒部材28、30、制限開口部材29、31、マルチレンズ34、マルチ開口板36、試料32等)に印加される電位を個別に制御可

能としたものである。

【0041】信号処理回路42は、検出器38A、38B、38C等から出力される2次電子の検出信号を設計値通りのパターンの参照データと比較するためのデジタル信号に変換する回路である。

【0042】比較回路44は、デジタル信号に変換された2次電子の検出信号と設計値通りのパターンの参照データと比較することによって、欠陥の有無及び欠陥の位置を検出するものである。

【0043】記憶部46は、欠陥の無い設計値通りに形成されたパターンを検査した場合に得られる参照データを予め記憶している。

【0044】次に、上述のようにして構成された欠陥検査装置10の動作について説明する。

【0045】まず、オペレータは、欠陥検査すべき試料(回路パターンが形成されたウエハ)32を2次元平面(X、Y平面)内で移動可能な不図示の試料台上に載置するとともに、電位制御部40に対しては欠陥検査装置10の各部を所定の電位に保つように制御するための制御データを入力する。

【0046】例えば、本実施形態の電位制御部40では、欠陥検査装置10における金属板22、金属円筒部材28、30、制限開口部材29、31、マルチレンズ34に対して20kVを印加し、マルチ開口板36に対してそれよりも高い30kVを印加するように設定する。また、マスク16と試料32とは、クロスオーバーCO位置を中心としてレンズの縮小比に応じた対称位置に配置されており、クロスオーバーCOと試料32間の電位差と、クロスオーバーCOとマスク16間の電位差とが等しくなるようにして、電位面での対称性を確保している。ここでは、電位制御部40によってマスク16と試料32とが同じグラウンド電位(0V)となるように電位制御が行われている。

【0047】本実施形態の欠陥検査装置10では、以上のような電位制御を各部について行った後、欠陥検査の動作が開始される。なお、電子銃12の電位は、電位制御部40で制御されるものではないが、ここでは(-1kV)に保たれている。

【0048】図1に示されるように、電子銃12から放射状に放出された電子線は、コンデンサレンズ14によって光軸にほぼ平行な電子ビームPBとされ、複数の孔16Aが形成されたマスク16に照射される。マスク16に照射された平行な電子ビームPBは、孔16A(18個の孔)を通過することによって18本の電子ビームMB(以下、「マルチビームMB」と称する)が形成される。

【0049】このマスク16で形成されるマルチビームMBは、0.4μm角のビーム幅を持ち、400μmピッチで(6行×3列)のマトリックス状に配列されている。そして、このマルチビームMBは、対称磁気タプレ

ット型の電磁レンズ24, 26を通過する際に1/4に縮小されて、照射対象である試料32上の回路パターン上に結像される。

【0050】マルチビームMBが試料32上の回路パターンに照射されると、試料32の各照射点から2次電子が放出される。各照射点から放出される2次電子は、試料上に形成されたパターンの状態（例えば、パターンの有無やパターンの厚み等）に応じて電子の放出量が異なってくる。このため、図1に示されるように、試料32上の一照射点から放出された2次電子は、例えば、マル
10 チレンズ34のレンズアパーチャ34Aのレンズ作用によって収束され、マルチ開口板36の開口36Aを通過して分別されて、検出器38Aで検出される。また、これと同様に、他の照射点から放出された2次電子は、レンズアパーチャ34B→開口36B→検出器38Bという経路を経て検出され、さらに、その他の照射点から放出された2次電子は、レンズアパーチャ34C→開口36C→検出器38Cという経路を経て、個別に検出される。

【0051】このように、各照射点から放出された2次
20 電子は、照射点に対応する検出器38A, 38B, 38Cで検出され、その検出信号が信号処理回路42で検出位置に対応させて信号処理が行われる。信号処理された検出信号は、比較回路44で記憶部46に記憶されている設計値通りのパターンに関する参照データと比較することにより、欠陥検査対象である回路パターンの欠陥の有無や欠陥位置等を検出することができる。

【0052】以上説明した本実施形態の欠陥検査装置10によると、欠陥検査を行うプローブとしてマルチビームMBが使用されている。図2は、電磁レンズ24, 2
30 6側から試料32を見た図であり、この図2では試料32面上に結像された18本のマルチビームMB11~MB36の照射パターンが示されている。ここでは電磁レンズ24, 26の縮小比が1/4であるため、試料32上に結像されるマルチビームMB11~MB36のビーム幅が0.1μm角となり、ビーム間ピッチが100μmとなる。そして、偏向器18, 20の偏向量を試料32上でX, Y方向にそれぞれ100μmとすると、試料32上において300.1μm×600.1μm角の領域Rがラスタ走査される。この領域R内のラスタ走査が
40 終了すると、不図示の試料台の駆動機構により試料台がXまたはY方向に所定距離移動され（試料台上に載置された試料32も一体駆動される）、再度上記と同様のラスタ走査が行われる。このように、領域R内のラスタ走査を試料32を順次移動させながら繰り返し行うことにより、試料32上の所定領域の欠陥検査が終了する。

【0053】上述したように、本実施形態の欠陥検査装置10では、プローブとしてマルチビームMB11~MB36が使用され、これらをラスタ走査させながら欠陥検査を行っているため、従来のように1本の電子ビーム
50

を走査させて検査する場合と比べると、走査範囲が少なく済むことから走査時間が短縮され、欠陥検査のスループットを大幅に向上させることができる。

【0054】また、本実施形態では、上述したマルチビームMBが電磁レンズ24, 26を通過する際に、その内側に配置されている非磁性金属から成る金属円筒部材28, 30に電位制御部40から加速電位（ここでは、20kV）が印加されているため、マルチビームMBが加速されて高エネルギー化される。このため、電磁レン
ズ24, 26を通過するマルチビームMBは、電磁レンズの磁場（静電レンズの場合は電場）の不安定性に基づく色収差の影響が小さくなって、ビームを細く収束できることから、高精度（高解像度）の欠陥検査を行うことができる。

【0055】さらに、本実施形態では、マルチビームMBが図1に示される電磁レンズ24, 26内の制限開口部材29, 31の開口（アパーチャ）を通過する際に、非磁性金属から成る制限開口部材29, 31に電位制御部40によって加速電位（ここでは、20kV）が印加されるため、マルチビームMBが加速されて高エネルギー化される。このように、制限開口部材29, 31の開口を通過する際のマルチビームMBは、高エネルギー化されたことにより、ド・ブロイ波の波長が短くなり、開口における回折を小さくすることができる。従って、回折収差が小さくなって、ビームを細く収束できることから、高精度（高解像度）の欠陥検査を行うことができる。

【0056】また、本実施形態では、欠陥検査を行う試料32上の検査領域にマルチビームMBを照射し、各照射点から放出される2次電子を各照射点に対応したマルチレンズ34のレンズアパーチャ34A, 34B, 34Cと、マルチ開口板36の開口36A, 36B, 36Cとによって確実に分別され、各照射点に対応した検出器38A, 38B, 38C等により検出されるため、マルチビームMBを偏向器18, 20で同時偏向させながら試料32上をラスタ走査させて欠陥検査を行う場合であっても、各照射点から連続的に発生する2次電子をリアルタイムで確実に検出することができる。

【0057】また、電位制御部40は、マルチレンズ34を20kV、マルチ開口板36を30kVの電位に保つように電位制御を行っている。このため、マルチビームMBの照射により試料32から放出される負の電荷を持った2次電子は、まず、高い電位を持ったマルチレンズ34の方向に引かれて凸レンズ作用を有する各レンズアパーチャ34A, 34B, 34Cで収束される。次に、この収束された2次電子は、上述したマルチレンズ34よりもさらに電位の高いマルチ開口板36の開口34A, 34B, 34C方向に引かれるため、各検出器38A, 38B, 38Cで2次電子を効率良く確実に検出
50 することができる。

【0058】さらに、本実施形態の欠陥検査装置10では、クロスオーバーCO位置を中心として種々の対称の条件を満たすことにより、以下のような種々の効果を得ている。すなわち、

【0059】○電磁レンズ24, 26は、クロスオーバーCO位置を中心として、アンペアターン(AT:電流×コイル巻数)が互いに等しく、発生する磁場の向きが互いに逆方向となるように配置された相似形の2つの電磁レンズから成る対称磁気タブレット型レンズとして、一方の電磁レンズで発生した収差を他方の電磁レンズで打ち消し合うことにより、収差を低減させることができる。

【0060】①マルチレンズ34と金属板22とは、相似形をしていて、クロスオーバーCO位置を中心として、電磁レンズ24, 26の縮小比(1/4)に応じた距離(1:4)と大きさ(1:4)とを満足するように欠陥検査装置10内に配置されている。さらに、電位制御部40から両者に印加される電位についても、同じ20 kVの電位(ポテンシャル)を印加することによって、電位面での対称の条件を満足するため、一方で発生した収差が打ち消されることから、収差を低減させることができる。

【0061】上記した○, ①では、種々の対称の条件を満たすことにより、収差(色収差、回折収差等)を低減することができるため、プローブとしての電子ビームを細く収束することが可能となり、高精度(高解像度)に欠陥検査を行うことができる。

【0062】以上述べたように、本実施形態の欠陥検査装置は、複数の電子ビーム(マルチビームMB)を試料上の回路パターンに照射して、これをラスタ走査させ、試料から発生する2次電子を検出することによって、スループットの高い欠陥検査を行うことができる。

【0063】また、本実施形態の欠陥検査装置は、電子ビームを加速することによって色収差や回折収差の影響が小さくなり、種々の対称の条件を満たすことによって電子光学系を介して電子ビームを試料上に照射する際に生じる収差が互いに打ち消されて低減することから、マルチビームを細く収束することが可能となり、従って、欠陥検査の分解能が向上して、高精密な欠陥検査を行うことができる。

【0064】なお、上記実施形態の説明では、荷電粒子線として電子線を用いて説明したが、これに限定されるものではなく、イオンあるいは陽子等の荷電粒子線を用いて欠陥検査装置を構成することも可能である。

【0065】また、上記実施形態の説明では、電位制御部40によって制御される欠陥検査装置の各部の好適な

電位の一例をあげたものであって、電位の対称の条件、あるいは、試料から放出される2次電子線を効率良く検出器に入射させるための電位設定条件等を満たすものであれば種々の電位の組み合わせを採用することができる。

【0066】さらに、上記実施形態の説明では、(6行×3列)の18個の孔16Aが形成されたマスク16に電子線を照射し、孔16Aを通過した18本のビームをマルチビームMBとして用いているが、必ずしもこれに限定されるものではなく、ビーム本数やビームの大きさあるいはその配列について任意に選択することができる。また、マルチビームMBの形成方法についても、電子線をマスクで分岐させる方法に限定されるものではなく、複数の電子線源を用いて個々にビームを形成するようにしてもよい。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1～7に記載の発明によれば、試料上に形成されたパターンの欠陥を高速かつ高精度に検査することができるという従来にない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る欠陥検査装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】試料上に照射されたマルチビームの照射パターン例を示す図である。

【符号の説明】

- 10 欠陥検査装置
- 12 電子銃
- 14 コンデンサレンズ
- 16 マスク
- 18, 20 偏向器
- 22 金属板
- 24, 26 電磁レンズ
- 28, 30 金属円筒部材
- 29, 31 制限開口部材
- 32 試料
- 34 マルチレンズ
- 34A, 34B, 34C レンズアパーチャ
- 36 マルチ開口板
- 36A, 36B, 36C 開口
- 38A, 38B, 38C 検出器
- 40 電位制御部
- CO クロスオーバー
- MB マルチビーム(電子ビーム)
- AX 光軸

